

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-353867
(43)Date of publication of application : 24.12.1999

(51)Int.Cl.

G11C 11/15

(21)Application number : 10-157806 (71)Applicant : CANON INC
(22)Date of filing : 05.06.1998 (72)Inventor : NISHIMURA NAOKI

(54) MAGNETIC THIN FILM MEMORY DEVICE AND METHOD FOR RECORDING INFORMATION, METHOD FOR REPRODUCING INFORMATION USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the cell width of one bit and enhance the integration degree by using two magnetic layers of a closed magnetic circuit structure and regulating the length range of a generated magnetic field.

SOLUTION: In this magnetic thin film memory device, a first magnetic layer of a closed magnetic circuit structure and a second magnetic layer of a closed magnetic circuit structure having coercive force higher than the first magnetic layer are layered via a non-magnetic layer. The first, second magnetic layer has an axis of easy magnetization in left turning or right turning, showing a different resistance value in accordance with a relative angle of directions of magnetization of the first, second magnetic layers. A current is supplied perpendicularly to film faces of the first, second magnetic layers, whereby a length of a current path where information is to be recorded by a generated magnetic field is set to be 0.05-2 μm . Moreover, the current is supplied upward or downward perpendicularly to a film face of the magnetic thin film memory element beforehand, and a size of the current is set to generate the magnetic field larger than a magnetization inverted magnetic field of the second magnetic layer.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.11.2002

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]
[Kind of final disposal of
application other than the
examiner's decision of rejection or
application converted registration]
[Date of final disposal for
application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Carry out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and it changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] The magnetic-thin-film memory device characterized by setting the die length of the current path which is the magnetic-thin-film memory device which has different resistance, supplies a current perpendicularly to the film surface of said 1st and 2nd magnetic layer, and records information by the field to generate to 0.05 micrometers or more and 2 micrometers or less.

[Claim 2] For the field which touches said non-magnetic layer of said 1st magnetic layer, the field of an opposite hand or the field which touches said non-magnetic layer of said 2nd magnetic layer is a magnetic-thin-film memory device according to claim 1 characterized by forming a good conductor layer with high conductivity, and constituting said current path from said 1st and 2nd magnetic layer at least in one

side of the field of an opposite hand including said 1st and 2nd magnetic layer, a non-magnetic layer, and said good conductor layer.

[Claim 3] The magnetic-thin-film memory device according to claim 1 characterized by preparing the good conductor for current supply sources with conductivity higher than said 1st and 2nd magnetic layer in the abbreviation core of the film surface of said 1st and 2nd magnetic layer and said non-magnetic layer through an insulating layer to a film surface perpendicularly.

[Claim 4] It is the approach of recording information on the magnetic-thin-film memory device of claim 1. Beforehand By setting up so that a current may be perpendicularly supplied facing up or downward to the film surface of said magnetic-thin-film memory device and a larger field than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current It is not concerned with recording information but the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer is defined in the predetermined direction. Subsequently, according to recording information, a current is perpendicularly supplied facing up or downward to the film surface of said magnetic-thin-film memory device. And the information record approach characterized by recording information on said 1st magnetic layer according to the sense of the magnetization by setting up so that it may be larger than the flux reversal field of said 1st magnetic layer and a field smaller than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current.

[Claim 5] Carry out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and it changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] It is the approach of recording information on the magnetic-thin-film memory device which has different resistance. By setting up so that a current may be perpendicularly supplied facing up or downward according to recording information to the film surface of said memory device and a larger field than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current The information record approach characterized by recording information on said 2nd magnetic layer according to the sense of the magnetization.

[Claim 6] Carry out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st

magnetic layer, through a non-magnetic layer, and it changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] Are the approach of reproducing the information recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device which has different resistance, and a current is perpendicularly supplied to the film surface of said magnetic-thin-film memory device. The information playback approach characterized by reproducing recording information by arranging magnetization of said 1st magnetic layer in the predetermined direction, initializing it, and measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device in this condition.

[Claim 7] Carry out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and it changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction, and it has the resistance which changes with whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer]. It is the approach of reproducing the information on which magnetization of said 1st magnetic layer and magnetization of said 2nd magnetic layer were recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device put on parallel or the condition of anti-parallel in the condition that a field is not impressed. Measure the resistance of the introduction aforementioned magnetic-thin-film memory device, and then a current is perpendicularly supplied to the film surface of a magnetic-thin-film memory device. The information playback approach characterized by reproducing recording information by measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device again, and measuring the resistance change in this case after making the orientation of the magnetization of said 1st magnetic layer carry out in the predetermined direction.

[Claim 8] Carry out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and it changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] It is the

approach of reproducing the information recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device which has different resistance. Supply a current to said 2nd magnetic layer from one field, reverse magnetization of said 1st magnetic layer, and the resistance of said magnetic-thin-film memory device is measured. Subsequently, the information playback approach characterized by supplying a current to said memory device from a reverse field, reversing magnetization of said 1st magnetic layer, measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device, and reproducing recording information based on obtained resistance change.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention records information with the sense of magnetization, and relates to the information record approach and the information playback approach using the magnetic-thin-film memory device and it which reproduce recording information using a magneto-resistive effect.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, magnetic-thin-film memory is known as semiconductor memory and solid-state memory which does not have the migration section similarly. Even if the radiation with which information does not disappear even if a power source is intercepted and whose informational count of repeat rewriting is an infinity time carries out incidence of such magnetic-thin-film memory, it has many advantageous points as compared with semiconductor memory -- there is no danger that information will disappear. Since a big output is obtained as compared with the magnetic-thin-film memory using the conventional anisotropy magneto-resistive effect, especially the thin film MAG memory that used the huge magnetic-reluctance (GMR) effectiveness in recently attracts attention.

[0003] for example, the Magnetism Society of Japan -- as shown in drawing 8, the solid-state memory which carried out the laminating of a hard magnetic film (HM), a nonmagnetic membrane (NM), the soft magnetism film (SM), and the nonmagnetic membrane (NM), and was used as the memory device is proposed by VOL. 20.P22 (1996). Sense line S combined with the

metallic conductor like drawing 8 and word line W insulated with sense line S by the insulator layer I are prepared in this memory device, and information is written in it by the field generated according to the current of this word line W, and the current of sense line S.

[0004] If it explains concretely, Current I is supplied to word line W, by generating the field of the direction which changes with sense ID of a current, flux reversal of the hard magnetic film HM will be performed, and record of a memory condition "0" and "1" will be performed. For example, if a forward current is supplied to word line W as shown in drawing 9 (a), the field of the right sense is generated like drawing 9 (b), and "1" can be recorded on the hard magnetic film HM. Moreover, if a negative current is supplied to word line I like drawing 9 (c), a leftward field is generated like drawing 9 (d), and "0" can be recorded on the hard magnetic film HM.

[0005] On the other hand, when reading information, a current smaller than the current at the time of record is supplied to word line W, and information is read by detecting a lifting and the resistance change in that case only for the flux reversal of the soft magnetism film SM. Since resistance differs by the case where it is the direction of the case where magnetization of the soft magnetism film SM and the hard magnetism film HM is this direction, and objection when giant magneto-resistance is used, the memory condition of "1" and "0" is distinguished by resistance change then produced. If the pulse which changes from forward to negative as shown in drawing 10 (a) is impressed, the magnetization direction of the soft magnetism film SM will change from the condition of the right sense of drawing 10 (b) to the leftward condition of drawing 10 (c), and, specifically, in the case of a memory condition "1", magnetization of the hard magnetic film HM and the soft magnetism film SM will change from resistance with magnetization of the hard magnetic film HM and the soft magnetism film SM small in this direction to the large resistance of an opposite direction. Moreover, in the case of a memory condition "1", it changes from large resistance to small resistance like drawing 10 (e) like drawing 10 (d). Therefore, by reading such a resistance value change, irrespective of the magnetization condition of the soft magnetism film SM after record, read-out of the information recorded on the hard magnetic film HM becomes possible, and destructive read can be performed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above-mentioned conventional thin film MAG memory, there was a problem that the magnetization direction of the magnetic layer which it becomes

impossible to disregard the anti-field (self-demagnetizing field) produced inside a magnetic layer, and carries out record maintenance did not become settled in the fixed direction, but became instability, so that area of a bit cell was made small. Therefore, it was not fully able to be integrated highly by there being a limit in making a bit cell detailed.

[0007] In view of the above-mentioned conventional trouble, this invention loses the effect of an anti-field of a magnetic film, and aims at offering the information record approach using the magnetic-thin-film memory device and it which can be integrated more highly, and the information playback approach.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The object of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] Are the magnetic-thin-film memory device which has different resistance, and a current is perpendicularly supplied to the film surface of said 1st and 2nd magnetic layer. It is attained by the magnetic-thin-film memory device characterized by setting the die length of the current path which records information by the field to generate to 0.05 micrometers or more and 2 micrometers or less.

[0009] The object of this invention is the approach of recording information on the magnetic-thin-film memory device of claim 1. By setting up so that a current may be perpendicularly supplied facing up or downward to the film surface of said magnetic-thin-film memory device and a larger field than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current beforehand It is not concerned with recording information but the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer is defined in the predetermined direction. Subsequently, according to recording information, a current is perpendicularly supplied facing up or downward to the film surface of said magnetic-thin-film memory device. And by setting up so that it may be larger than the flux reversal field of said 1st magnetic layer and a field smaller than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current It is attained by the information record approach characterized by recording information on

said 1st magnetic layer according to the sense of the magnetization.
[0010] The object of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] It is the approach of recording information on the magnetic-thin-film memory device which has different resistance. By setting up so that a current may be perpendicularly supplied facing up or downward according to recording information to the film surface of said memory device and a larger field than the flux reversal field of said 2nd magnetic layer may generate the magnitude of a current It is attained by the information record approach characterized by recording information on said 2nd magnetic layer according to the sense of the magnetization.

[0011] The object of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] Are the approach of reproducing the information recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device which has different resistance, and a current is perpendicularly supplied to the film surface of said magnetic-thin-film memory device. Magnetization of said 1st magnetic layer is arranged in the predetermined direction, and is initialized, and it is attained by the information playback approach characterized by reproducing recording information by measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device in this condition.

[0012] The object of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction, and it has the resistance which changes with whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer]. It is the

approach of reproducing the information on which magnetization of said 1st magnetic layer and magnetization of said 2nd magnetic layer were recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device put on parallel or the condition of anti-parallel in the condition that a field is not impressed. Measure the resistance of the introduction aforementioned magnetic-thin-film memory device, and then a current is perpendicularly supplied to the film surface of a magnetic-thin-film memory device. After making the orientation of the magnetization of said 1st magnetic layer carry out in the predetermined direction, it is attained by the information playback approach characterized by reproducing recording information by measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device again, and measuring the resistance change in this case. [0013] The object of this invention carries out the laminating of the 1st magnetic layer of closed magnetic circuit structure, and the 2nd magnetic layer of the closed magnetic circuit structure of having coercive force higher than said 1st magnetic layer, through a non-magnetic layer, and changes. Said 1st and 2nd magnetic layer has an easy shaft left-handed rotation or in the clockwise direction. By whenever [angular relation / of the magnetization direction of said 1st and 2nd magnetic layer] It is the approach of reproducing the information recorded according to the sense of magnetization of said 2nd magnetic layer in the magnetic-thin-film memory device which has different resistance. Supply a current to said 2nd magnetic layer from one field, reverse magnetization of said 1st magnetic layer, and the resistance of said magnetic-thin-film memory device is measured. Subsequently, it is attained by the information playback approach characterized by supplying a current to said memory device from a reverse field, reversing magnetization of said 1st magnetic layer, measuring the resistance of said magnetic-thin-film memory device, and reproducing recording information based on obtained resistance change.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to a detail with reference to a drawing. Drawing 1 is drawing showing the configuration of 1 operation gestalt of the magnetic-thin-film memory device of this invention. In drawing 1, 1 is the cylinder-like 1st magnetic layer, and 2 is the cylinder-like 2nd magnetic layer. The non-magnetic layer 3 is formed between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2. The memory device of a 1-bit cel consists of the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 of drawing 1, and a non-magnetic layer 3. The 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 has an easy shaft left-

handed rotation or in the clockwise direction, and is carrying out orientation of the magnetization annularly in accordance with the cylinder-like configuration. The arrow head of drawing 1 shows the magnetization direction in the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2. In addition, magnetization should just be carrying out orientation of the magnetic layer to the closed magnetic circuit not only with the shape of a cylinder but with structure with a square cross section. However, since columnar structure turns into most stable closed magnetic circuit structure, it is desirable.

[0015] Moreover, this operation gestalt shows resistance with the resistance low when the magnetization direction of the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 is this direction between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2, and when the 1st and 2nd magnetization direction is an opposite direction, high resistance is shown with it. Thus, since the resistance of a memory device changes with magnetization directions of the 1st magnetic layer 1, magnetization information can be read using this. Moreover, "0" or "1" magnetization information is made to correspond 1st and 2nd in the clockwise direction [of magnetic layers 1 and 2 / of the magnetization direction / left-handed rotation or in the clockwise direction], and is recorded. Namely, a current is supplied perpendicularly (the direction of t of drawing 1) facing up or downward to the film surface of the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2, and it carries out by reversing magnetization of the 1st magnetic layer 1 or the 2nd magnetic layer 2 by the field generated by this. About informational record and the informational playback approach, it mentions later in detail. With this operation gestalt, since the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 has closed magnetic circuit structure, the effect of an anti-field can be lost, it is stabilized, and magnetization information can be recorded. Therefore, a 1-bit cell size can be made small and a memory apparatus with a high degree of integration can be realized, and a leakage field does not leak to a contiguity cel further, it is stabilized, and record playback can be performed.

[0016] Drawing 2 is drawing showing an example in the case of constituting as memory actually using the memory device of drawing 1 . In drawing 2 , first, on the semi-conductor substrate, the memory device which consists of the 1st and 2nd magnetic layers 1 and 2 and non-magnetic layer 3 is made into the transistor for actuation, and a pair, and is prepared. This semi-conductor substrate consists for example, of a p type semiconductor substrate, and the source and a drain field serve as a n-type semiconductor. Signal is for example, the source terminal of the transistor for actuation, Select is a gate terminal, and a memory

device is electrically connected to a drain terminal. The opposite hand of a memory device is connected to VDD. VDD is supply voltage, by switching the polarity of VDD according to recording information, changes the sense of the current of a memory device and records "1" of magnetization information, and "0." On a semi-conductor substrate, many memory devices and transistors for actuation are arranged in all directions, and are integrated as magnetic-thin-film memory of high integration.

[0017] Here, with this operation gestalt, when recording information, the type of a memory device is divided into two by whether magnetization of the 1st magnetic layer 1 is reversed, or magnetization of the 2nd magnetic layer 2 is reversed. First, the 1st type is a configuration used as a memory layer (the 1st magnetic layer 1), a non-magnetic layer 3, and a pin layer (the 2nd magnetic layer 2). This reverses the 1st magnetic layer 1 according to a record current by the case where the memory layer for saving magnetization information for the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 are used as the pin layer for always keeping it constant also in the state of any at the time of playback at the time of record at the time of preservation, without depending for the magnetization direction on magnetization information. It carries out by absolute value detection, without performing reversal of a magnetic layer so that informational playback may be mentioned later.

[0018] The 2nd type is a configuration used as a detection layer (the 1st magnetic layer 1), a non-magnetic layer 3, and a memory layer (the 2nd magnetic layer 2). this reverses the 2nd magnetic layer 2 according to a record current by the case where the detection layer and the 2nd magnetic layer 2 which are reversed in order to carry out reading appearance of the 1st magnetic layer 1 and to sometimes carry out relative detection are used as the memory layer for saving magnetization information. Having coercive force with the 1st low magnetic layer 1 in any case, the 2nd magnetic layer 2 needs to have coercive force higher than the 1st magnetic layer 1.

[0019] Next, the fully stabilized record is possible for the magnetic-thin-film memory device of this operation gestalt by lengthening die-length t of the current path to which a record current flows. this -- the 1st above-mentioned type and the 2nd type -- in any case and any [of the spin tunnel film configuration mentioned later or a spin dispersion film configuration] case, it is the same. Hereafter, the concrete configuration of a memory device is explained. First, in order to record information on a memory device, it is desirable still more

desirable to generate the field more than at least 5 (Oe), and the field more than 10 (Oe) is good. This is because it is difficult to also make small coercive force of a magnetic-thin-film memory device, to stabilize it, and to hold recording information when a field is too small.

Although what is necessary is just to pass many currents in order to acquire a big field, if electromigration will occur and it will become easy to disconnect wiring, if the limiting current density of a wiring material is exceeded, and a current value becomes large, the power consumption of a memory device will become large.

[0020] the limiting current density of the tungsten wire which is the ingredient which has comparatively big limiting current density among the wiring materials used with a semiconductor device --

20mA/micrometer² it is . Moreover, a current desirable although the increment in power consumption, generation of heat of a device, etc. are suppressed is about 1mA or less. Here, drawing 3 uses the above tungsten wires as a cylinder-like conductor, and shows R and die length for the radius of a conductor as t. Drawing 4 shows relation with the field generated when a current is supplied to the radius R of the conductor of drawing 3 , and the longitudinal direction of a conductor. In addition, in drawing 4 , the generating field H is plotted to a radius R by making die-length t of a conductor into a parameter. Die-length t of a conductor may be 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, and 0.3 micrometers.

[0021] Moreover, drawing 5 is die-length t of a conductor, and the maximum field Hmax. Relation is shown. In order to acquire the field more than 5 [required for record] (Oe) so that clearly from drawing 4 and drawing 5 , die length of at least 0.05 micrometers or more is required for die-length t of a current path. Moreover, it turns out that the range of the radius R of an available current path can be extended to record, so that drawing 4 may show and die-length t of a current path becomes long, and the margin on manufacture of a memory device becomes large. In order to generate the field 5 required for record (Oe) from the above result, die length of 0.05 micrometers is required for die-length t of a current path, and its 0.2 micrometers or more 0.15 micrometers or more 0.1 micrometers or more are still more preferably good still more preferably preferably. Moreover, it becomes the cause of incorrect record [record / accidentally / memory device / which will incline without a memory device becoming vertical to the semi-conductor substrate of membrane formation not only taking time amount but drawing 2 since thickness will become thick if die-length / of a current path / t is lengthened not much, and adjoins]. For this reason, die-length t of a current path has preferably still more preferably good 0.5

micrometers or less 1 micrometer or less 2 micrometers or less. Therefore, as die-length [of the current path of the memory device of drawing 1] t, it is good to be referred to as 0.05 micrometers or more and 2 micrometers or less.

[0022] Drawing 6 is drawing showing the 2nd operation gestalt of this invention. Although the current path at the time of record is formed with the operation gestalt of drawing 1 by the 1st magnetic layer 1, the non-magnetic layer 3, and the 2nd magnetic layer 2, the good conductor 4 is further formed with this operation gestalt. That is, when thickness of the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 cannot be thickened, the die length of a current path is secured by forming a good conductor 4. It records on the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 by supplying a current perpendicularly at the memory device of drawing 6, using what has conductivity higher than the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 as a good conductor 4. A good conductor 4 may be formed in the field of an opposite hand with the field where the field of an opposite hand and the non-magnetic layer 3 of the 2nd magnetic layer 2 touch the field where a non-magnetic layer 3 touches among the end faces of the 1st magnetic layer 1, as shown in drawing 6, or it may be prepared in one of fields. Thus, by forming a good conductor 4, the resistance loss of a memory device decreases and power consumption can be reduced.

[0023] Drawing 7 is drawing showing the 3rd operation gestalt of this invention. With this operation gestalt, the conductor 5 for supplying a record current to the core of a memory device is formed. The conductor 5 is covered with the insulator 6 and uses what has conductivity higher than the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2. The insulator 6 is formed in order for a conductor 5 to prevent contacting a magnetic layer and an electric target, but since the distance of a conductor 5 and each magnetic layer will become far and the field impressed to a magnetic layer will become small if the thickness of an insulator 6 is thick, the thinner one as much as possible is good. With this operation gestalt, since a current is not supplied to a magnetic layer at the time of record but a conductor 5 is supplied, resistance becomes small, and power consumption can be reduced, and it excels also in responsibility.

[0024] Next, the concrete approach of recording information on a magnetic-thin-film memory device is explained. First, for recording information on a memory device, a current is perpendicularly supplied to the film surface of a memory device. That is, a current is supplied so that it may become vertical to the magnetization direction, by the field produced according to this current, the magnetization direction of a memory layer is determined and the information on "0" and "1" is

recorded. In this case, since the sense of the magnetic field generated with the sense of the current to pass differs, if a current is supplied downward, for example from on a memory device, it will see from the upper part of a memory device, a field will occur in the direction of clockwise, and orientation of the magnetization will be carried out in the direction of clockwise. On the other hand, if a current is supplied upwards from under a memory device, it will see from the upper part of a memory device, a field will occur counter clockwise, and orientation of the magnetization will be carried out in the counter clockwise direction. [0025] the 1st type "a memory layer (the 1st magnetic layer 1), a non-magnetic layer 3, and a pin layer (the 2nd magnetic layer 2)" above when actually recording information, and the 2nd type -- " (the record approaches differ in the detection layer (the 1st magnetic layer 1), the non-magnetic layer 3, and the memory layer (the 2nd magnetic layer 2)".) With the configuration of the 1st type, it is smaller than the flux reversal field of a pin layer (the 2nd magnetic layer 2) in the magnitude of the current to pass, and "0" or "1" information can be recorded on a memory layer (the 1st magnetic layer 1) according to the sense of the magnetization by setting up so that a larger field than the flux reversal field of a memory layer (the 1st magnetic layer 1) may be generated. Moreover, in the 2nd type, according to the sense of the magnetization, "0" or "1" information is recordable on a memory layer by setting up so that a larger field than the flux reversal field of a memory layer (the 2nd magnetic layer 2) may generate the magnitude of the current to pass.

[0026] Next, the concrete approach of reproducing the recording information of magnetic-thin-film memory is explained. First, informational playback supplies a current perpendicularly to the film surface of a memory device in order of the order of the 1st magnetic layer 1, a non-magnetic layer 3, and the 2nd magnetic layer 2 or the 2nd magnetic layer 2, a non-magnetic layer 3, and the 1st magnetic layer 1. And the magnetization information on "0" and "1" is detected by measuring the resistance between the 1st magnetic layer 1 of a memory device, and the 2nd magnetic layer 2. That is, when the magnetization direction of the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 is this direction, the resistance between the 1st and 2nd magnetic layer is small, and since resistance is large, in the case of an opposite direction, information is distinguished by the difference in this resistance. Or a current is horizontally supplied to the film surface of a memory device, and the difference in resistance is detected similarly. [0027] Moreover, the read-out approaches differ by the 1st type and 2nd

type of a memory device. First, in the 1st type, the current smaller than the time of record for reading is perpendicularly supplied to the film surface of a memory device, and it measures the resistance between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2. In this case, since it is fixed, corresponding to the magnetization direction recorded on the 1st magnetic layer 1, the resistance between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 changes, and magnetization of the 2nd magnetic layer 2 reproduces recording information with that resistance. In addition, it is unnecessary in the flux reversal of a magnetic layer in this case.

[0028] On the other hand, in the 2nd type, there are the three approaches of reading. First, a current is perpendicularly supplied to the film surface of a memory device, and one reverses a detection layer (the 1st magnetic layer), and it arranges magnetization in the fixed direction and initializes it. Subsequently, the weak current for reading which is extent which a detection layer does not reverse is perpendicularly supplied to the film surface of a memory device, and the resistance between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 is measured. This approach has the small coercive force of a detection layer, and is effective to a component in which that magnetization is carrying out orientation at random.

[0029] First, another measures the resistance of a memory device first, then supplies a current perpendicularly at the film surface of a memory device, makes the orientation of the magnetization of a detection layer carry out in the predetermined direction, and measures the resistance of a memory device further. The magnetization information on a memory device is detectable by whether there is any change of the resistance in this case, or there is nothing. By this approach, after record is completed, the magnetization direction of a detection layer and a memory layer is set up, as it has the decided relation. For example, let the resistance first measured as a detection layer and a memory layer are magnetic interactions and become stable [a parallel magnetization condition] be the resistance of a parallel magnetization condition. This is attained by making thickness of a non-magnetic layer into 10Å - about 20Å thickness for example, in a spin tunnel mold.

[0030] The last one supplies a current perpendicularly from one direction to a film surface at a memory device, and it reads the resistance change between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2. Next, with the direction of previous, a current is supplied to an opposite direction at a memory device, the resistance change between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 is read, and recording information is distinguished by obtained resistance change. Magnitude of a current is

made into the current which reverses only a detection layer. Moreover, it is required to make it not reversed [a memory layer (the 2nd magnetic layer)] in [any] an approach.

[0031] CPP(Current Perpendicular to the film Plane)-MR which passes a current vertically to a film surface with this operation gestalt at the time of playback as mentioned above (Magnetoresistance) Effectiveness or the CIP (Current In-Plane to the film Plane)-MR effectiveness of passing a current to parallel at a film surface is used. In addition, the current passed at right angles to a film surface by **** in order to define the magnetization direction of a magnetic layer, and the current passed in order to measure the resistance of a memory device take the same current path in the memory device shown in drawing 1 and drawing 6 .

[0032] Moreover, with the configuration of the memory device shown in drawing 7 , the current to which the current which defines the magnetization direction measures a sink and resistance to a conductor 5 is passed between the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2. The optimal operation gestalt in this case is shown in drawing 11 and drawing 12 as 4th and 5th operation gestalt, respectively. With this configuration, although drawing 11 shows the sectional view of the memory device of the 4th operation gestalt, when defining the magnetization direction, it establishes the potential difference among conductors 71 and 72, and passes a current to a conductor 5. When measuring the resistance of a memory device, a current is passed between the electrodes 61 and 63 which consist of a conductor prepared in the top face of the 1st magnetic layer 1, and the electrodes 62 and 64 which consist of a conductor prepared in the underside of the 2nd magnetic layer 2. This is the case of CPP detection, and when detecting the component of both the types of the spin tunnel mentioned later and spin dispersion, it is used.

[0033] Although the sectional view of the memory device of the 5th operation gestalt is shown, with this configuration, the configuration of drawing 12 has deleted the electrodes 62 and 64 of drawing 11 , and when measuring resistance, it passes a current to an electrode 61 and an electrode 63. In this case, it is CIP detection, and it is used when detecting the component of the type of spin dispersion mentioned later. The component of spin dispersion has the thin thickness of a magnetic layer, and is good to use CIP detection desirably in CPP detection, since resistance is small.

[0034] Next, the ingredients and those thickness of the 1st and 2nd magnetic layer of a magnetic-thin-film memory device and a non-magnetic layer are explained. Here, as a memory device film configuration, a spin

tunnel film configuration and a spin dispersion film configuration can be taken, and this can be applied to any configuration of "the memory layer / non-magnetic layer / pin layer" of the 1st above-mentioned type, and "the detection layer / non-magnetic layer / memory layer" of the 2nd type. However, it is desirable to use a spin tunnel film configuration with a spin tunnel film configuration and a spin dispersion film configuration. This is for obtaining a big magnetic-reluctance (MR) ratio with a spin tunnel film configuration, and being able to enlarge more than 1kohm and resistance for the resistance, and being hard to be influenced of dispersion in the on resistance (about 1 about k ohms) of a solid-state-switching component. Moreover, although it is employable as drawing 1, drawing 6, and any operation gestalt of drawing 7 since the spin tunnel film can make a magnetic film comparatively thick so that it may mention later, as for the spin dispersion film, it is desirable to use the thickness of all magnetic layers and a non-magnetic layer for drawing 6 or the operation gestalt of drawing 7, since it is difficult for 0.05 micrometers or more to thicken.

[0035] As for the 1st magnetic layer and the 2nd magnetic layer, it is desirable to use as an amorphous alloy of nickel, Fe, and Co which uses CoFe as a principal component at least, using a kind as a principal component. For example, it consists of magnetic films, such as NiFe, NiFeCo, Fe, FeCo, Co, and CoFeB.

[0036] (Ingredient of the 1st magnetic layer) The 1st magnetic layer has coercive force lower than the 2nd magnetic layer. For this reason, the soft magnetism film which contains nickel in the 1st magnetic layer is desirable, and it is especially specifically desirable to use NiFe and NiFeCo as a principal component. Moreover, the low amorphous magnetic film of coercive force, such as a magnetic film with many Fe presentations at FeCo and CoFeB, is sufficient.

[0037] the case where the atomic composition ratio of NiFeCo sets to $\text{Ni}_x\text{Fe}_y\text{Co}_z$ — x — 95 or less [40 or more] and y — 40 or less [0 or more] and z — 50 or less [0 or more] — desirable — x — as for 25 or less [10 or more] and z , 30 or less [0 or more] are [x / 85 or less / 60 or more / and y] still more preferably good [90 or less / 50 or more and y / 30 or less / 0 or more / and z / 40 or less / 0 or more /.

[0038] Moreover, the atomic composition of FeCo is $\text{Fe}_x\text{Co}_{100-x}$. As for x , 90 or less [60 or more] are [x / 100 or less / 50 or more] preferably good, when it carries out. Moreover, the atomic composition of CoFeB is $100(\text{Co}_x\text{Fe}_{100-x})_y\text{B}_y$. When it carries out, as for 93 or less [86 or more] and y , 25 or less [10 or more] are [x] good.

[0039] (Ingredient of the 2nd magnetic layer) The 2nd magnetic layer has coercive force higher than the 1st magnetic layer. The magnetic film which contains many Co(es) as an example as compared with the 1st magnetic layer is desirable. NixFe_yCo_z — respectively — an atomic composition ratio — it is — x — 40 or less [0 or more] and y — 50 or less [0 or more] and z — 95 or less [20 or more] — desirable — x — as for 30 or less [10 or more] and z, 85 or less [50 or more] are [x / 20 or less / 5 or more / and y] still more preferably good [30 or less / 0 or more / and y / 40 or less / 5 or more / and z / 90 or less / 40 or more]. Fe_xCo_{100-x} It is an atomic composition ratio and, as for x, 50 or less [0 or more] are good. Moreover, alloying elements, such as Pt, may be added to the 2nd magnetic layer for the object, such as **** of coercive force, and corrosion resistance improvement.

[0040] In case a current is perpendicularly supplied to a film surface at the time of playback, it is made for electronic tunneling to occur from the 1st magnetic layer 1 to the 2nd magnetic layer 2 using an insulating layer thin as the 1st and 2nd magnetic layer 1 and a non-magnetic layer 3 between two in a spin tunnel film configuration. If the ferromagnetic tunnel junction which the electronic states of the upward spin in a Fermi surface and downward spin differ, and such a magnetic-thin-film memory device of a spin tunnel mold becomes from a ferromagnetic, an insulator, and a ferromagnetic using such a ferromagnetic metal since conduction electron has started spin polarization in the ferromagnetic metal is formed, in order to tunnel conduction electron, with the spin maintained, according to the magnetization condition of both the magnetic layers 1 and 2, a tunnel probability changes, it will serve as change of tunnel resistance and it will appear. Thereby, when the magnetization direction of the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 is this direction, resistance between the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 is small, and resistance becomes large when the magnetization direction of the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 is an opposite direction.

[0041] Since, as for this resistance, the one where the difference of the density of states of upward spin and downward spin is larger becomes large and a bigger regenerative signal is acquired, as for the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2, it is desirable to use a magnetic material with the high rate of spin polarization. The 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 select Fe with the large amount of polarization of the vertical spin in a Fermi surface, and, specifically, select Co as the 2nd component. It is desirable to choose

Fe, Co, and nickel from the ingredient used as the principal component, and to more specifically use them. Preferably, Fe, Co, FeCo, NiFe, NiFeCo, etc. are good. Specifically, Fe, Co, nickel72Fe28, nickel51Fe49, nickel42Fe58, nickel25Fe75, and nickel19 Fe91 grade are mentioned. Furthermore, the 1st magnetic layer 1 has NiFe, NiFeCo, more desirable Fe, etc., in order to make coercive force small, and in order to enlarge coercive force, the ingredient which uses Co as a principal component is desirable [the magnetic layer / the 2nd magnetic layer 2].

[0042] Next, the thickness of the 1st magnetic layer 1 of a magnetic-thin-film memory device and the 2nd magnetic layer 2 exceeds 100Å, and it is desirable that it is 5000Å or less. When this uses [1st] an oxide for a non-magnetic layer 3, the magnetism of the interface by the side of the non-magnetic layer of a magnetic layer becomes weaker under the effect of an oxide, and a large thing is mentioned when this effect of thickness is thin. It is because several 10Å of aluminum remains when introducing oxygen, oxidizing it and creating after forming aluminum for the non-magnetic layer of an aluminum oxide, a magnetic layer becomes large when this effect is 100Å or less, and a suitable memory property is not acquired [2nd]. When a memory device is made detailed to especially submicron one the 3rd, the memory maintenance engine performance of the 1st magnetic layer 1 is because the maintenance function of fixed magnetization of the 2nd magnetic layer 2 declines again. Moreover, since there are problems, like the resistance of a cell becomes large too much when too thick, 5000Å or less is desirable and 1000Å or less is more desirably good.

[0043] Next, if the ingredient of a non-magnetic layer 3 is explained, first, the magneto-resistive effect by spin tunneling is used, and a non-magnetic layer 3 must be an insulating layer, in order that an electron may hold and tunnel spin. All of non-magnetic layers 3 may be insulating layers, or the part may be an insulating layer. By making a part into an insulating layer and making the thickness into the minimum, a magneto-resistive effect can be heightened further. Moreover, as an example made into the oxidizing zone which oxidized the non-magnetic metal film as a non-magnetic layer 3, some aluminum film is oxidized in air and it is aluminum 2O3. The example which forms a layer is given. a non-magnetic layer 3 -- from an insulator -- becoming -- desirable -- aluminum-oxide AlOx, aluminum nitride AlNx, silicon oxide SiOx, and silicon nitride SiNx it is -- a thing is desirable. Moreover, NiOx It is good also as a principal component. This is NiOx, although it is required for the suitable potential barrier for the energy of the conduction electron of the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic

layer 2 to exist in order for a spin tunnel to occur. It is because it is comparatively easy to obtain this barrier and a manufacture top also has it, when considering as a principal component. [advantageous]

[0044] Moreover, as thickness of a non-magnetic layer 3, it is about several 10Å uniform layer, and, as for the thickness of the insulating part, it is desirable that it is [5Å or more] 30Å or less. That is, when it is less than 5Å, it is because the 1st magnetic layer 1 and 2nd magnetic layer 2 may short-circuit electrically, and is because electronic tunneling will stop being able to occur easily if it exceeds 30Å. Furthermore, 4Å or more 25Å or less is desirably good, and 6Å or more 18Å or less is more desirably good.

[0045] Next, in a spin dispersion film configuration, in order to acquire the magneto-resistive effect by this spin dependence dispersion using the magneto-resistive effect produced by spin dependence dispersion, it is good to use the metal layer which consists of a good conductor as a non-magnetic layer 3. The magneto-resistive effect by this spin dependence dispersion originates in dispersion of conduction electron changing greatly with spin. Namely, although resistance becomes small since the conduction electron with the spin of magnetization and the same direction is seldom scattered about, as for the conduction electron with the spin of magnetization and the reverse sense, resistance becomes large by dispersion. Therefore, when magnetization of the 1st magnetic layer 1 and the 2nd magnetic layer 2 is the reverse sense, it becomes larger than the resistance in the case of being the same direction.

[0046] The 1st magnetic layer 1 in a spin dependence dispersion film configuration, the 2nd magnetic layer 2, and a non-magnetic layer 3 are explained. First, the 1st magnetic layer 1 is for reading the magnetization information saved at the 2nd magnetic layer 2 using giant magneto-resistance while forming the 2nd magnetic layer 2 and annular loop formation. As for the 1st magnetic layer 1, it is desirable to use as an amorphous alloy which uses Co and Fe as a principal component, using nickel, Fe, and Co as a principal component. For example, magnetic films, such as NiFe, NiFeCo, FeCo, and CoFeB, are mentioned. Moreover, the amorphous magnetic substance, such as CoFeB with the presentation of Co84Fe96 B7 and Co72Fe8 B20 grade, may be used.

[0047] The 2nd magnetic layer 2 is a magnetic layer for mainly saving magnetization information, and the sense of magnetization is determined according to "0" or "1" information. The 2nd magnetic layer 2 needs that giant magneto-resistance occurs efficiently as well as the 1st magnetic layer 1, and to be able to save a magnetization condition at stability.

Magnetic films, such as Fe, FeCo, and Co, are used as the 2nd magnetic layer 2, using the magnetic layer which uses Fe and Co as a principal component. Moreover, alloying elements, such as Pt, may be added. Since coercive force will become small if Fe is added to Co, and coercive force will become large if Pt is added, it is the 2nd magnetic layer 2. For example, Co_{100-x-y} Fe_x Pt_y. It can carry out, elementary composition x and y can be adjusted, and coercive force can also be controlled. The coercive force of the 1st magnetic layer 1 can be similarly adjusted in the amount of alloying elements, such as a presentation ratio of Fe and Co, and Pt.

[0048] The thickness of the 1st magnetic layer 1 needs to set up so that the giant magneto-resistance of a dispersion mold may occur efficiently. The distance which saves the sense of spin and can move by CPP-MR, i.e., spin diffusion length, serves as an important factor. If the thickness of the 1st magnetic layer 1 becomes large substantially from an electronic mean free path, since the effectiveness will specifically fade in response to phonon dispersion, it is desirable that it is at least 200Å or less. Furthermore, 150Å or less is preferably good. However, since the resistance of a cell becomes small, and a regenerative-signal output decreases and it becomes impossible to hold magnetization when too thin, 20Å or more is desirable and 80 moreÅ or more is desirable.

[0049] It is required to set up so that the giant magneto-resistance of a dispersion mold may occur efficiently like [the thickness of the 2nd magnetic layer 2] the case of the 1st magnetic layer 1, and it is desirable that it is at least 200Å or less. Furthermore, 150Å or less is preferably good. However, since the memory maintenance engine performance deteriorates, a regenerative-signal output decreases, the resistance of a cell becomes small and it becomes impossible to hold magnetization when too not much thin, 20Å or more is desirable and 80 moreÅ or more is desirable.

[0050] Since near and adhesion also have a magnetic layer and good Fermi energy level, when the magnetization direction changes consisting of a good conductor and using Cu as a principal component preferably, the non-magnetic layer 3 is convenient although a big magnetic-reluctance ratio is obtained that it is easy to produce resistance in an interface. Moreover, as for the thickness of a non-magnetic layer 3, it is desirable that it is [5Å or more] 60Å or less. Moreover, since a magnetic-reluctance ratio will become high, and a higher S/N ratio is obtained, it is [be / it / if / it prepares with the magnetic layer which uses Co as a principal component between the 1st magnetic layer 1

and non-magnetic layer 3, between the 2nd magnetic layer 2 and non-magnetic layer 3 or between the 1st magnetic layer 1 and non-magnetic layer 3, and between the 2nd magnetic layer 2 and non-magnetic layer 3,] desirable. Its 20A or less is desirable, and in order for the thickness of the layer which uses Co in this case as a principal component to demonstrate effectiveness, its 5A or more is desirable. Moreover, in order to raise S/N, the laminating of this unit may be carried out for the 1st 2/non-magnetic layer 3 of 2nd magnetic layer of 3/of 1/non-magnetic layers of magnetic layers as one unit. Although its MR ratio becomes large and is so desirable that there are many groups which carry out a laminating, since MR magnetic layer becomes thick and needs many currents when it is made [many / not much], the count of a laminating is still more preferably good 40 or less sets of to prepare in about 3-20 sets.

[0051] Since coercive force will become small if control of the coercive force of the 1st and 2nd magnetic layer 1 and 2 adds Fe to Co, and coercive force will become large if Pt is added, it is Co_{100-x}-y Fe_x Pt_y, for example. What is necessary is to carry out, to adjust elementary composition x and y, and just to control coercive force. Moreover, since coercive force can be heightened also by making high substrate temperature at the time of membrane formation, the substrate temperature at the time of membrane formation may be adjusted as the control approach of another coercive force. This approach and the method of adjusting the presentation of the ferromagnetic thin film mentioned above may be combined.

[0052] In addition, without restricting to the configuration of drawing 1, drawing 6, and drawing 7, this invention prepares an antiferromagnetism layer in contact with the non-magnetic layer 3 of the 2nd magnetic layer 2, and the field of an opposite hand, and this antiferromagnetism layer and 2nd magnetic layer 2 may carry out switched connection of it, and it may fix magnetization of the 2nd magnetic layer 2. Switched connection with an antiferromagnetism layer enables it to enlarge coercive force of the 2nd magnetic layer 2. In this case, since it is also possible to use the same ingredient as the 1st magnetic layer 1 and 2nd magnetic layer 2, in order to enlarge coercive force, it has not said that MR ratio is sacrificed and the width of face of selection of an ingredient spreads. As an antiferromagnetism layer, nickel oxide NiO, iron manganese FeMn, cobalt oxide CoO, etc. can be used.

[0053] Next, record of the information on a memory device is performed by generating a larger field than the flux reversal field (coercive force) of a memory layer according to a record current as above-

mentioned. Therefore, it depends for a field required for record on the coercive force of a memory layer. Hereafter, in order to investigate the magnitude of a field required for record, the invention-in-this-application person produced the memory device with the memory layer from which coercive force differs, and tried the assessment experiment.

[0054] With the configuration of the memory device shown in drawing 7, it produced 100 coercive force of a memory layer at a time for the memory cell which serves as the conductor 5 with a diameter of 0.12 micrometers from a NiFe detection layer / AlOx/Co memory layer with a bore [of 0.14 micrometers], and an outer diameter of 0.30 micrometers respectively as 2, 4, 5, 10, and 12 (Oe). Record of "0" or "1" was performed to these memory cells. The magnitude of the field generated from the current passed on a write-in line was almost equal to the coercive force of a memory layer, or was made into the magnitude which it exceeds a little. The die length of a conductor 5, i.e., the die length of a current path, was set to 2 micrometers. Then, the information on each cel was reproduced and the number of each of the normal cel in which recording information is held certainly, and the defect cel in which recording information has disappeared was investigated.

[0055] A result is shown in a table 1. The error rate was defined as a rate of a defect cel to the whole number of cels. When magnitude of the field generated from the write-in line current was set to 5 (Oe), the error rate became 1% and became 0% above 10 (Oe). Moreover, the error rate became 50 or 90% respectively, and informational maintenance was difficult at 2 (Oe) and 4 (Oe). giving redundancy by addition of an error correction function as memory, if an error rate is about several% of level -- an error rate -- 0% -- ** -- it is possible to carry out and to carry out record playback at accuracy. From the above result, a write-in current field is understood that more than at least 5 (Oe) is required, and more than 10 (Oe) is desirably good.

[0056]
 [a table 1]



Next, in order to investigate the upper limit of the die length of a current path, the invention-in-this-application person changed the die length of a current path, produced the memory cell of the same

configuration as previous explanation, and he conducted the record playback experiment. It produced the 100 die length of a current path at a time respectively as 0.5, 1.0 and 2.0, and 3.0 or 4.0 micrometers. Record of "0" or "1" was performed to these memory cells, and the magnitude of the field generated from the current passed on a write-in line set coercive force of 10 (Oe) and a memory layer to 8 (Oe). A result is shown in a table 2. It became in 1.0 micrometers, and when the die length of writing was set to 2 micrometers, the error rate became 2%, and it became 0% by 0.5 micrometers 1%. Since it incorrect-recorded on the cel which adjoins since the long current path was established in the direction of thickness, it is presumed that the error rate worsened. From the above result, at least 2 micrometers or less are required for the die length of a write-in line, and it is desirably understood that 0.5 micrometers or less are [1.0 micrometers or less] still more desirably good.

[0057]

[A table 2]



[0058]

[Effect of the Invention] Since a degree of integration is not only raised, but according to this invention it can make a 1-bit cell size small and sufficient field for record can be generated by setting the die length of the current path which records information by the field to generate to 0.05 micrometers or more and 2 micrometers or less using the 1st and 2nd magnetic layer of closed magnetic circuit structure as explained above, it is stabilized, and information can be recorded, it is stabilized and information can be saved.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration of the 1st operation gestalt of the magnetic-thin-film memory of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing an example in the case of constituting

memory using the magnetic-thin-film memory of drawing 1 .

[Drawing 3] It is drawing showing a cylinder-like current path typically.

[Drawing 4] It is drawing showing the die length of a current path for the relation between the radius in the current path of drawing 3 , and a field as a parameter.

[Drawing 5] It is drawing showing the die length of a current path and the relation of the maximum generating field to the current path of drawing 3 .

[Drawing 6] It is drawing showing the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the magnetic-thin-film memory device using the giant magneto-resistance of the conventional example.

[Drawing 9] It is drawing for explaining record actuation of the magnetic-thin-film memory device of drawing 8 .

[Drawing 10] It is drawing for explaining playback actuation of the magnetic-thin-film memory device of drawing 8 .

[Drawing 11] It is the sectional view showing the 4th operation gestalt of the magnetic-thin-film memory device of this invention.

[Drawing 12] It is the sectional view showing the 5th operation gestalt of the magnetic-thin-film memory device of this invention.

[Description of Notations]

1 1st Magnetic Layer

2 2nd Magnetic Layer

3 Non-magnetic Layer

4 Good Conductor

5 Conductor

6 Insulator

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-353867

(43) 公開日 平成11年(1999)12月24日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 1 1 C 11/15

G 1 1 C 11/15

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-157806

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月 5 日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72) 発明者 西村 直樹

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ

ノン株式会社内

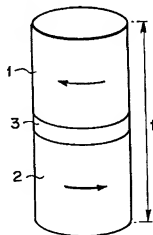
(74) 代理人 弁理士 山下 穰平

(54) 【発明の名称】 磁性薄膜メモリ素子及びそれを用いた情報記録方法、情報再生方法

(57) 【要約】

【課題】 ビットセルの面積を小さくするほど反磁界が無視できなくなり、磁性層の磁化方向が一定方向に定まらず不安定になる。

【解決手段】 第1、第2の磁性層1、2の膜面に対し垂直方向に電流を供給し、発生する磁界によって情報を記録する電流路の長 t を $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $0.2\mu\text{m}$ 以下とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 閉回路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉回路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りのしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子であって、前記第1、第2の磁性層の膜面に対し垂直方向に電流を供給し、発生する磁界によって情報を記録する電流路の長さを0.05 μm 以上、2 μm 以下とすることを特徴とする磁性薄膜メモリ素子。

【請求項2】 前記第1の磁性層の前記非磁性層と接する面とは反対側の面、もしくは前記第2の磁性層の前記非磁性層と接する面とは反対側の面の少なくとも一方に、前記第1、第2の磁性層よりも導電率の高い良導体層を形成し、前記第1、第2の磁性層、非磁性層及び前記良導体層を含んで前記電流路を構成することを特徴とする請求項1に記載の磁性薄膜メモリ素子。

【請求項3】 前記第1、第2の磁性層、前記非磁性層の膜面の略中心部に膜面に対し垂直方向に絶縁層を介して前記第1、第2の磁性層よりも導電率の高い電流供給用の良導体を設けたことを特徴とする請求項1に記載の磁性薄膜メモリ素子。

【請求項4】 請求項1の磁性薄膜メモリ素子に情報を記録する方法であって、あらかじめ、前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも大きい磁界が発生するように設定することにより、前記第2の磁性層の磁化の向きを記録情報に関わらず所定の方向に定め、次いで前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に記録情報に応じて上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第1の磁性層の磁化反転磁界よりも大きく、前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも小さい磁界が発生するように設定することにより、前記第1の磁性層にその磁化の向きに応じて情報を記録することを特徴とする情報記録方法。

【請求項5】 閉回路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉回路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りのしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子に情報を記録する方法であって、前記メモリ素子の膜面に対し垂直方向に記録情報に応じて上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも大きい磁界が発生するように設定することにより、前記第2の磁性層にその磁化の向きに応じて情報を記録することを特徴とする情報記録方法。

【請求項6】 閉回路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉回路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りのしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、

前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に電流を供給して、前記第1の磁性層の磁化を所定の方向に揃えて初期化し、この状態で前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定することにより、記録情報を再生することの特徴とする情報再生方法。

【請求項7】 閉回路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉回路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りのしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって異なる抵抗値を有し、磁界が印加されない状態で前記第1の磁性層の磁化と前記第2の磁性層の磁化が平行もしくは反平行の状態に置かれる磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、初めに前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、次に磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に電流を供給して、前記第1の磁性層の磁化を所定の方向に配向させた後に、再び前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、この際の抵抗変化を測定することにより記録情報を再生することの特徴とする情報再生方法。

【請求項8】 閉回路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉回路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りのしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、

前記第2の磁性層に一方の面から電流を供給し、前記第1の磁性層の磁化を反転させて前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、次いで前記メモリ素子に反対の面から電流を供給し、前記第1の磁性層の磁化を反転させて前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、得られた抵抗変化に基づいて記録情報を再生することの特徴とする情報再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁化の向きによって情報を記録し、磁気抵抗効果を利用して記録情報を再生する磁性薄膜メモリ素子及びそれを用いた情報記録方法、情報再生方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、磁性薄膜メモリは半導体メモリと同様に移動部のない固体メモリとして知られている。このような磁性薄膜メモリは、電源が遮断されても情報が消失しない、情報の繰り返し書き換え回数が無制限である、放射線が入射しても情報が消失する危険性がないなど半導体メモリと比較して有利な点を多く持っている。特に、最近においては巨大磁気抵抗 (GMR) 効果を利用した薄膜磁気メモリは従来の異方性磁気抵抗効果を用いた磁性薄膜メモリと比較して大きな出力が得られるために注目されている。

【0003】例えば、日本応用磁気学会誌 VOL. 20, P.22 (1996) には、図8に示すように硬質磁性膜 (HM)、非磁性膜 (NM)、軟磁性膜 (SM)、非磁性膜 (NM) を積層してメモリ素子とした固体メモリが提案されている。このメモリ素子には、図8のように金属導体と結合されたセンス線 S、絶縁膜 I によってセンス線 S と絶縁されたワード線 W が設けられており、このワード線 W の電流及びセンス線 S の電流により発生する磁界によって情報の書き込みを行う。

【0004】具体的に説明すると、ワード線 W に電流 I を供給し、電流の向き ID によって異なる方向の磁界を発生することにより硬質磁性膜 HM の磁化反転を行い、メモリ状態 “0”、“1” の記録を行う。例えば、図9 (a) に示すようにワード線 W に正の電流を供給すると、図9 (b) のように右向きの磁界を発生し、硬質磁性膜 HM に “1” を記録することができる。また、図9 (c) のようにワード線 W に負の電流を供給すると、図9 (d) のように左向きの磁界を発生し、硬質磁性膜 HM に “0” を記録することができる。

【0005】一方、情報を読み出す場合は、ワード線 W に記録時の電流よりも小さい電流を供給し、軟磁性膜 SM の磁化反転のみを起こす。その際の抵抗変化を検出することにより情報の読み出しを行う。巨大磁気抵抗効果を利用すると、軟磁性膜 SM と硬質磁性膜 HM の磁化が同方向の場合と反対の方向の場合で抵抗値が異なるので、その違いを生じる抵抗変化により “1”、“0” のメモリ状態を判別する。具体的には、図10 (a) に示すように正から負に変化するパルスを印加すると、軟磁性膜 SM の磁化方向は図10 (b) の右向きの状態から図10 (c) の左向きの状態に変化し、メモリ状態 “1” の場合、硬質磁性膜 HM と軟磁性膜 SM の磁化が同方向で小さい抵抗値から硬質磁性膜 HM と軟磁性膜 SM の磁化が反対方向の大きい抵抗値に変化する。また、メモリ状態 “0” の場合は、図10 (d) のように大きい抵抗値から図10 (e) のように小さい抵抗値に変化する。従って、このような抵抗値の変化を読み取ることで、記録後の軟磁性膜 SM の磁化状態に拘わらず、硬質磁性膜 HM に記録された情報の読み出しが可能となり、非破壊読み出しを行うことができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の薄膜磁気メモリにおいては、ビットセルの面積を小さくするほど磁性膜内部で生じる反磁界 (自己減磁界) が無視できなくなり、記録保持する磁性層の磁化方向が一定方向に定まらず不安定になるという問題があった。そのため、ビットセルを微細化するには限度があり、高集積化を十分に行うことができなかった。

【0007】本発明は、上記従来の問題点に鑑み、磁性膜の反磁界の影響をなくし、より高集積化が可能な磁性薄膜メモリ素子及びそれを用いた情報記録方法、情報再生方法を提案することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、閉磁路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉磁路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子であって、前記第1、第2の磁性層の膜面に対し垂直方向に電流を供給し、発生する磁界によって情報を記録する電流路の長さ $0.05 \mu\text{m}$ 以上、 $2 \mu\text{m}$ 以下とすることを特徴とする磁性薄膜メモリ素子によって達成される。

【0009】本発明の目的は、請求項1の磁性薄膜メモリ素子に情報を記録する方法であって、あらかじめ、前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも大きい磁界が発生するように設定することにより、前記第1の磁性層の向きを記録情報に問わず所定の方向に定め、次いで前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に記録情報に応じて上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも大きい磁界が発生するように設定することにより、前記第1の磁性層にその磁化の向きに応じて情報を記録することを特徴とする情報記録方法によって達成される。

【0010】本発明の目的は、閉磁路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉磁路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子に情報を記録する方法であって、前記メモリ素子の膜面に対し垂直方向に記録情報に応じて上向きまたは下向きに電流を供給し、且つ電流の大きさを前記第2の磁性層の磁化反転磁界よりも大きい磁界が発生するように設定することにより、前記第2の磁性層にその磁化の向きに応じて情報を記録することを特徴とする情報記録方

法によって達成される。

【0011】本発明の目的は、閉磁路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉磁路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、前記磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に電流を供給して、前記第1の磁性層の磁化を所定の方向に揃えて初期化し、この状態で前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定することにより、記録情報を再生することと特徴とする情報再生方法によって達成される。

【0012】本発明の目的は、閉磁路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉磁路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって異なる抵抗値を有し、磁界が印加されない状態では前記第1の磁性層の磁化と前記第2の磁性層の磁化が平行もしくは反平行の状態に置かれる磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、初めに前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、次に磁性薄膜メモリ素子の膜面に対し垂直方向に電流を供給して、前記第1の磁性層の磁化を所定の方向に配向させた後に、再び前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、この際の抵抗変化を測定することにより記録情報を再生することと特徴とする情報再生方法によって達成される。

【0013】本発明の目的は、閉磁路構造の第1の磁性層と、前記第1の磁性層よりも高い保磁力を有する閉磁路構造の第2の磁性層とを非磁性層を介して積層して成り、前記第1、第2の磁性層は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、前記第1、第2の磁性層の磁化方向の相対角度によって、異なる抵抗値を有する磁性薄膜メモリ素子において前記第2の磁性層の磁化の向きに応じて記録された情報を再生する方法であって、前記第2の磁性層に一方の面から電流を供給し、前記第1の磁性層の磁化を反転させて前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、次いで前記メモリ素子に反対の面から電流を供給し、前記第1の磁性層の磁化を反転させて前記磁性薄膜メモリ素子の抵抗値を測定し、得られた抵抗変化に基づいて記録情報を再生することと特徴とする情報再生方法によって達成される。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の磁性薄膜メモリ素子の一実施形態の構成を示す図である。図1において、1は円柱状の第1の磁性層、2は円柱状の

第2の磁性層である。第1、第2の磁性層1、2の間には非磁性層3が設けられている。図1の第1、第2の磁性層1、2、非磁性層3で1ビットセルのメモリ素子が構成されている。第1、第2の磁性層1、2は左回りもしくは右回りに容易軸を有し、その磁化は円柱状の形状に沿って環状に配向している。図1の矢印は第1、第2の磁性層1、2における磁化方向を示している。尚、磁性層は円柱状に限らず、四角形の断面を持つ構造でも、磁化が閉磁路に配向していれば良い。但し、円柱状構造が最も安定な閉磁路構造となる為、望ましい。

【0015】また、本実施形態では、第1、第2の磁性層1、2の磁化方向が同方向のときは第1、第2の磁性層1、2間の抵抗は低い抵抗値を示し、第1、第2の磁化方向が反対方向のときは高い抵抗値を示す。このように第1の磁性層1の磁化方向によってメモリ素子の抵抗値が異なるので、これを利用して磁化情報を読み出すことができる。また、“0”、“1”の磁化情報は第1、第2の磁性層1、2の磁化方向の左回りもしくは右回りに対応させて記録する。即ち、第1、第2の磁性層1、2の膜面に対して垂直方向（図1のt方向）に上向きまたは下向きに電流を供給し、これによって発生する磁界により第1の磁性層1もしくは第2の磁性層2の磁化を反転させて行う。情報の記録及び再生方法については詳しく後述する。本実施形態では、第1、第2の磁性層1、2が閉磁路構造となっていて、反対側の影響をなくすることができ、安定して磁化情報を記録することができる。従って、1ビットのセル幅を小さくでき、集積度の高いメモリ装置を実現でき、更に漏洩磁界が隣接セルに洩れることがなく、安定して記録再生を行うことができる。

【0016】図2は図1のメモリ素子を用いて実際にメモリとして構成する場合の一例を示す図である。図2において、まず、第1、第2の磁性層1、2及び非磁性層3からなるメモリ素子は半導体基板上に駆動用のトランジスタと対して設けられている。この半導体基板は、例えばp型半導体基板からなり、ソース、ドレイン領域はn型半導体となっている。Signalは駆動用トランジスタの例えばソース端子、Selectはゲート端子、ドレイン端子には例えばメモリ素子が電気的に接続される。メモリ素子の反対側VDDに接続されている。VDDは電源電圧であり、VDDの極性を記録情報に応じて切り換えることにより、メモリ素子の電流の向きを変えて磁化情報の“1”、“0”を記録する。メモリ素子と駆動用トランジスタは半導体基板上に縦横に多数配列され、高集積度の磁性薄膜メモリとして集積化される。

【0017】ここで、本実施形態では、情報を記録する場合、第1の磁性層1の磁化を反転させるが、第2の磁性層2の磁化を反転させることによってメモリ素子のタイプが2つに分かれている。まず、第1のタイプは、メモ

り層（第1の磁性層1）、非磁性層3、ピン層（第2の磁性層2）とする構成である。これは、第1の磁性層1を磁化情報を保存するためのメモリ層、第2の磁性層2をその磁化方向を磁化情報に定存せずに保存時、記録時、再生時のいずれの状態でも常に一定に保つためのピン層とする場合で、記録電流によって第1の磁性層1を反転させる。情報の再生は後述するように磁性層の反転は行わずに絶対値検出で行う。

【0018】第2のタイプは、検出層（第1の磁性層1）、非磁性層3、メモリ層（第2の磁性層2）とする構成である。これは、第1の磁性層1を読み出し時に相対検出するために反転させる検出層、第2の磁性層2を磁化情報を保存するためのメモリ層とする場合で、記録電流によって第2の磁性層2を反転させる。いずれの場合も、第1の磁性層1は低い保磁力を有し、第2の磁性層2は第1の磁性層1よりも高い保磁力を有することが必要である。

【0019】次に、本実施形態の磁性薄膜メモリ素子は記録電流が流れる電流路の長さ t を長くすることによって十分に安定した記録が可能である。これは、前述の第1のタイプ、第2のタイプいずれの場合も、また後述するスピントネル膜構成やスピン散乱膜構成のいずれの場合も同様である。以下、メモリ素子の具体的な構成について説明する。まず、メモリ素子に情報を記録するには、少なくとも5（Oe）以上の磁界を発生することが望ましく、更に望ましくは10（Oe）以上の磁界がよい。これは、磁界が小さすぎると磁性薄膜メモリ素子の保磁力も小さくする必要が生じ、安定して記録情報を保持することが難しくなるからである。大きな磁界を得るためには電流を多く流せばよいが、記録材料の限界電流密度を越え、エレクトロマグネティズムが起きて記録が断絶し易くなり、また、電流値が大きくなるとメモリ素子の消費電力が大きくなってししまう。

【0020】半導体デバイスで用いられる記録材料のうち、比較的大きな限界電流密度を持つ材料であるタングステン線の限界電流密度は $20\text{ mA}/\mu\text{m}^2$ である。また、消費電力の増加、デバイスの発熱等を抑えるのに望ましい電流は1mA程度以下である。ここで、図3は前述のようなタングステン線を円柱状の導電体とし、導電体の半径を R 、長さ t として示している。図4は図3の導電体の半径 R と導電体の長手方向に電流を供給した場合に発生する磁界 H との関係を示している。なお、図4では導電体の長さ t をパラメータとして半径 R に対して発生磁界 H をプロットしている。導電体の長さ t は、0.01、0.03、0.05、0.1、0.2、0.3 μm としている。

【0021】また、図5は導電体の長さ t と最大磁界 H_{max} との関係を示している。図4、図5から明らかなように記録に必要な5（Oe）以上の磁界を得るためには、電流路の長さ t は少なくとも0.05 μm 以上の長

さが必要である。また、図4から分かるように電流路の長さ t が長くなるほど記録に利用可能な電流路の半径 R の範囲を広げられ、メモリ素子の製造上のマージンが大きくなることが分かる。以上の結果から、記録に必要な磁界5（Oe）を発生させるためには、電流路の長さ t は0.05 μm の長さが必要であり、好ましくは0.1 μm 以上、更に好ましくは0.15 μm 以上、更に好ましくは0.2 μm 以上がよい。また、電流路の長さ t はあまり長くとると膜厚が厚くなるので、成膜に時間がかかるばかりでなく、図2の半導体基板に対してメモリ素子が垂直にならずに傾いてしまうなどして隣接するメモリ素子に誤って記録するなど誤記録の原因となる。このため、電流路の長さ t は2 μm 以下、好ましくは1 μm 以下、更に好ましくは0.5 μm 以下がよい。従って、図1のメモリ素子の電流路の長さ t としては、0.05 μm 以上、2 μm 以下とするのがよい。

【0022】図6は本発明の第2の実施形態を示す図である。図1の実施形態では第1の磁性層1、非磁性層3、第2の磁性層2で記録時の電流路を形成しているが、本実施形態では更に良導体4を設けている。即ち、第1、第2の磁性層1、2の膜厚を厚くできない場合、良導体4を設けることによって電流路の長さを確保するものである。良導体4としては第1、第2の磁性層1、2よりも導電率の高いものを用い、図6のメモリ素子に垂直方向に電流を供給することにより第1、第2の磁性層1、2に記録を行う。良導体4は図6に示すように第1の磁性層1の端面のうち非磁性層3の接する面とは反対側の面及び第2の磁性層2の非磁性層3の接する面とは反対側の面に設けてもよく、もしくはいずれ一方の面に設けてもよい。このように良導体4を設けることによりメモリ素子の抵抗ロスが少なくなり、消費電力を低減することができる。

【0023】図7は本発明の第3の実施形態を示す図である。本実施形態では、メモリ素子の中心部に記録電流を供給するための導電体5を設けている。導電体5は絶縁体6に覆われていて、第1、第2の磁性層1、2よりも導電率の高いものを用いている。絶縁体6は導電体5が磁性層と電気的に接触するのを防ぐために設けているが、絶縁体6の厚みが厚いと導電体5と各磁性層との距離が遠くなって磁性層に印加する磁界が小さくなるので極力薄い方がよい。本実施形態では、記録時に磁性層に電流を供給せず、導電体5に供給するの、抵抗が小さくなり、消費電力を低減でき、また、応答性にも優れている。

【0024】次に、磁性薄膜メモリ素子に情報を記録する具体的な方法について説明する。まず、メモリ素子に情報を記録するにはメモリ素子の膜面に対して垂直方向に電流を供給する。即ち、電流を磁化方向に対して垂直になるように供給し、この電流により生じる磁界によってメモリ層の磁化方向を決定し、“0”と“1”の情報

を記録する。この場合、流す電流の向きによって発生する磁場の向きが異なるので、例えばメモリ素子の上から下に電流を供給すると、メモリ素子の上部から見て時計回りの方向に磁界が発生し、磁化は時計回りの方向に配向する。一方、メモリ素子の下から上に電流を供給すると、メモリ素子の上部から見て反時計回りに磁界が発生し、磁化は反時計回りの方向に配向する。

【0025】実際に情報を記録する場合は、前述のような第1のタイプ「メモリ層（第1の磁性層1）、非磁性層3、ピン層（第2の磁性層2）」と、第2のタイプ「（検出層（第1の磁性層1）、非磁性層3、メモリ層（第2の磁性層2）」で記録方法が異なっている。第1のタイプの構成では、流す電流の大きさをピン層（第2の磁性層2）の磁化反転磁界より小さく、メモリ層（第1の磁性層1）の磁化反転磁界より大きい磁界を発生するように設定することにより、メモリ層（第1の磁性層1）にその磁化の向きに応じて“0”、“1”の情報を書き込むことができる。また、第2のタイプの場合は、流す電流の大きさをメモリ層（第2の磁性層2）の磁化反転磁界より大きい磁界が発生するように設定することにより、メモリ層にその磁化の向きに応じて“0”、“1”の情報を記録することができる。

【0026】次に、磁性層層メモリの記録情報を再生する具体的な方法について説明する。まず、情報の再生は、メモリ素子の膜面に對して垂直方向に、第1の磁性層1、非磁性層3、第2の磁性層2の順、もしくは第2の磁性層2、非磁性層3、第1の磁性層1の順に電流を供給する。そして、メモリ素子の第1の磁性層1と第2の磁性層2間の抵抗値を測定することにより、“0”と“1”の磁化情報を検出する。即ち、第1の磁性層1と第2の磁性層2の磁化方向が同方向の場合は、第1、第2の磁性層間の抵抗値は小さく、反対方向の場合は抵抗値が大きいので、この抵抗値の違いによって情報を判別する。もしくは、メモリ素子の膜面に對して水平方向に電流を供給して、同様に抵抗値の違いを検出する。

【0027】また、読み出し方法は、メモリ素子の第1のタイプと第2のタイプで異なる。まず、第1のタイプの場合は、メモリ素子の膜面に對し垂直方向に記録時よりも小さい読み取り用の電流を供給し、第1、第2の磁性層1、2間の抵抗値を測定する。この場合は、第2の磁性層2の磁化は固定されているので、第1の磁性層1に記録された磁化方向に對して第1、第2の磁性層1、2間の抵抗値が変化し、その抵抗値によって記録情報を再生する。なお、この場合は、磁性層の磁化反転は必要ない。

【0028】一方、第2のタイプの場合は、3つの読み出し方法がある。まず、1つはメモリ素子の膜面に對し垂直方向に電流を供給し、検出層（第1の磁性層）を反転させて磁化を一定方向に揃えて初期化する。次いで、メモリ素子の膜面に對し垂直方向に検出層が反転しない

程度の弱い読み取り用の電流を供給し、第1、第2の磁性層1、2間の抵抗値を測定する。この方法は、検出層の保磁力が小さく、その磁化がランダムに配向しているような素子に対して有効である。

【0029】もう1つは、まず、初めにメモリ素子の抵抗値を測定して、次にメモリ素子の膜面に垂直方向に電流を供給して、検出層の磁化を所定の方向に配向させて、更にメモリ素子の抵抗値を測定する。この際の抵抗値の変化があるかないかで、メモリ素子の磁化情報を検出することができる。この方法では、記録が完了した後に検出層とメモリ層の磁化方向は、決められた関係にあるように設定する。例えば検出層とメモリ層は磁気的相互作用で、平行磁化状態が安定となるようにして、最初に測定する抵抗値は、平行磁化状態の抵抗値とする。これは、例えばスピントンネル型において非磁性層の膜厚を10Å～200Å程度の膜厚とすることにより達成される。

【0030】最後の1つは、メモリ素子に一方の方向から膜面に對し垂直方向に電流を供給し、第1、第2の磁性層1、2間の抵抗変化を読み取る。次に、メモリ素子に先の方向とは反対方向に電流を供給し、第1、第2の磁性層1、2間の抵抗変化を読み取り、得られた抵抗変化によって記録情報を判別する。電流の大きさは検出層のみを反転させる電流とする。また、いずれの方法の場合もメモリ層（第2の磁性層）が反転しないようにすることが必要である。

【0031】本実施形態では、前述のように再生時に電流を膜面に對して垂直に流すC P P (Current Perpendicular to the film Plane) - M R (Magnetoresistance) 効果、もしくは膜面に平行に電流を流すC I P (Current In-Plane to the film Plane) - M R 効果を用いている。なお、上述で、磁性層の磁化方向を定めるために膜面に垂直に流す電流と、メモリ素子の抵抗値を測定するために流す電流は、図1、図6に示すメモリ素子では同一の電流経路をとる。

【0032】また、図7に示すメモリ素子の構成では、磁化方向を定める電流は導電体5に流し、抵抗値を測定する電流は第1の磁性層1と第2の磁性層2間に流す。この場合の最適な実施形態を、第4、第5の実施形態としてそれぞれ図11、図12に示す。図11は第4の実施形態のメモリ素子の断面図を示したものであるが、この構成では、磁化方向を定める場合は、導電体7と7と2の間に電位差を設けて導電体5に電流を流す。メモリ素子の抵抗値を測定する場合は、第1の磁性層1の上面に設けられた導電体からなる電極61、63と、第2の磁性層2の下面に設けられた導電体からなる電極62と64の間に電流を流す。これは、C P P 検出の場合であり、後述するスピントンネルとスピン散乱の両タイプの素子を検出する時に用いられる。

【0033】図12の構成は、第5の実施形態のメモリ

素子の断面図を示しているが、この構成では、図11の電極62と64を削除しており、抵抗値を測定する場合には電極61と電極63に電流を流す。この場合は、CIP検出であり、後述するスピンドル素子のタイプの素子を検出する場合に用いられる。スピンドル素子は磁性層の膜厚が薄く、CIP検出では抵抗値が小さいため、望ましくはCIP検出を用いるのが良い。

【0034】次に、磁性薄膜メモリ素子の第1、第2の磁性層、非磁性層の材料及びそれらの膜厚について説明する。ここで、メモリ素子膜構成として、スピンドル膜構成とスピンドル膜構成を採ることができ、これは、前述の第1のタイプの「メモリ層/非磁性層/ピン層」、第2のタイプの「検出層/非磁性層/メモリ層」のいずれの構成にも適用できる。但し、スピンドル膜構成とスピンドル膜構成では、スピンドル膜構成を用いることが望ましい。これは、スピンドル膜構成では、大きな磁気抵抗(MR)比が得られ、また、その抵抗値を1kΩ以上と抵抗値を大きくすることができ、半導体スイッチング素子のオン抵抗(約1kΩ程度)のばらつきの影響を受けにくいためである。また、後述するようにスピンドル膜は、磁性層を比較厚くすることができ、図1、図6、図7のいずれの実施形態にも採用できるが、スピンドル膜は全磁性層及び非磁性層の膜厚を0.05μm以上に厚くすることが難しかった。図6もしくは図7の実施形態に用いるのが望ましい。

【0035】第1の磁性層、第2の磁性層は、Ni、Fe、Coの少なくとも一種を主成分として用いるが、CoFeを主成分とするアモルファス合金として用いるのが望ましい。例えば、NiFe、NiFeCo、Fe、FeCo、Co、CoFeBなどの磁性膜からなる。

【0036】(第1の磁性層の材料)第1の磁性層は、第2の磁性層よりも低い保磁力を有する。このため、第1の磁性層には、Niを含む軟磁性膜が望ましく、具体的に、特にNiFe、NiFeCoを主成分として用いるのが望ましい。また、FeCoでFe組成の多い磁性膜、CoFeBなどの保磁力の低いアモルファス磁性膜でも良い。

【0037】NiFeCoの原子組成比は、 $Ni_xFe_yCo_z$ とした場合、 x は4.0以上9.5以下、 y は0以上4.0以下、 z は0以上5.0以下、好ましくは x は5.0以上9.0以下、 y は0以上3.0以下、 z は0以上4.0以下、更に好ましくは x は6.0以上8.5以下、 y は1.0以上2.5以下、 z は0以上3.0以下が良い。

【0038】また、FeCoの原子組成は、 Fe_xCo_{100-x} とした場合、 x は5.0以上10.0以下、好ましくは x は6.0以上9.0以下が良い。また、CoFeBの原子組成は、 $(Co_xFe_{100-x})_{100-y}By$ とした場合、 x は8.6以上9.3以下、 y は1.0以上2.5以下が良い。

【0039】(第2の磁性層の材料)第2の磁性層は、第1の磁性層よりも高い保磁力を有する。例として、第1の磁性層と比較してCoを多く含む磁性膜が望ましい。NiFeCo_zは、それぞれ原子組成比で、 x は0以上4.0以下、 y は0以上5.0以下、 z は2.0以上9.5以下、好ましくは x は0以上3.0以下、 y は5.0以上4.0以下、 z は4.0以上9.0以下、更に好ましくは x は5.0以上2.0以下、 y は1.0以上3.0以下、 z は5.0以上8.5以下が良い。FeCo_{100-x}は、原子組成比で、 x は0以上5.0以下が良い。また、第2の磁性層に保磁力の精著、耐食性の向上などの目的でPt等の添加元素を加えても良い。

【0040】スピンドル膜構成の場合、第1、第2の磁性層1、2間の非磁性層3として薄い絶縁層を用い、再生時に電流を膜面に対し垂直方向に供給する際に第1磁性層1から第2磁性層2へ電子のトンネル現象が起きるようにする。このようなスピンドル型の磁性薄膜メモリ素子は、強磁性体金属において伝導電子がスピンドル偏極を起こしているため、フェルミ面における上向きスピンドルと下向きスピンドルの電子状態が異なっており、このような強磁性体金属を用いて強磁性体と絶縁体と強磁性体からなる強磁性トンネル接合を形成すると、伝導電子はそのスピンドルを保ったままトンネルするため、両磁性層1、2の磁化状態によってトンネル確率が変化し、それがトンネル抵抗の変化となって現れる。これにより、第1磁性層1と第2磁性層2の磁化方向が同方向の場合は第1、第2の磁性層1、2間の抵抗が小さく、第1磁性層1と第2磁性層2の磁化方向が反対方向の場合は抵抗が大きくなる。

【0041】上向きスピンドルと下向きスピンドルの状態密度の差が大きい方がこの抵抗値は大きくなり、より大きな再生信号が得られるので、第1磁性層1と第2磁性層2はスピンドル率の高い磁性材料を用いることが望ましい。具体的には、第1磁性層1と第2磁性層2は、フェルミ面における上下スピンドルの偏極量が大きいFeを選定し、Coを第2成分として選定する。より具体的に、Fe、Co、Niを主成分とした材料から選択して用いることが望ましい。好ましくは、Fe、Co、FeCo、NiFe、NiFeCo等が良い。具体的には、Fe、Co、Ni₇₂Fe₂₈、Ni₅₁Fe₄₉、Ni₄₂Fe₅₈、Ni₂₅Fe₇₅、Ni₉Fe₉₁等が挙げられる。更に、第1磁性層1は保磁力を小さくするために、NiFe、NiFeCo、Fe等より望ましく、また、第2磁性層2は保磁力を大きくするために、Coを主成分とする材料が望ましい。

【0042】次に、磁性薄膜メモリ素子の第1磁性層1及び第2磁性層2の膜厚は、10.0Åを超え、500.0Å以下であることが望ましい。これは、第1に、非磁性層3に酸化物を用いる場合、酸化物の影響で磁性層の非磁性層側の界面の磁性が弱まり、この影響が膜厚が薄い

場合大きいことが挙げられる。第2に、酸化アルミニウムの非磁性層をA1を成膜した後に酸素を導入して酸化させて作成する場合、アルミニウムが数10Å残り、この影響が磁性層が100Å以下である場合、大きくなくて適切なメモリ特性が得られないためである。第3に、特にサブミクロンにメモリ素子を微細化した場合、第1の磁性層1のメモリ保持性能が、また、第2の磁性層2の一定の磁化の保持機能が衰えるからである。また、厚すぎるとセルの抵抗値が大きくなりすぎる等の問題があるので、5000Å以下が望ましく、より望ましくは1000Å以下が良い。

【0043】次に、非磁性層3の材料について説明すると、まず、スピントネリングによる磁気抵抗効果を用いており、非磁性層3は電子がスピンを保持してトンネルするため、絶縁層でなければならない。非磁性層3の全部が絶縁層であってもその一部が絶縁層であってもよい。一部を絶縁層にしてその厚みを極小にすることにより、磁気抵抗効果を更に高めることができる。また、非磁性層3として非磁性金属膜を酸化させた酸化層にする例としては、A1膜の一部を空气中で酸化させてA1₂O₃層を形成する例が挙げられる。非磁性層3は絶縁体からなり、好ましくは、酸化アルミニウムAl₂O₃、窒化アルミニウムAlN_x、酸化シリコンSiO_x、窒化シリコンSiN_xであるのが望ましい。また、NiO_xを主成分とする非磁性層1と第2の磁性層2の伝導電子のエネルギーに適切なポテンシャルバリアーが存在することが必要であるが、NiO_xを主成分とする場合は、このバリアーを得ることが比較的容易で、製造上も有利であるからである。

【0044】また、非磁性層3の膜厚としては、数10Å程度の均一な層であって、その絶縁部分の膜厚は5Å以上30Å以下であることが望ましい。即ち、5Å未満である場合、第1の磁性層1と第2の磁性層2が電気的にショートしてしまう可能性があるからであり、30Åを超えると電子のトンネル現象が起きにくくなるからである。更に、望ましくは4Å以上2.5Å以下がよく、より望ましくは6Å以上18Å以下が良い。

【0045】次に、スピンド乱膜構成の場合は、スピンド乱膜によって生じる磁気抵抗効果を用い、このスピンド乱膜による磁気抵抗効果を得るためには非磁性層3として良導体からなる金属層を用いるのがよい。このスピンド乱膜による磁気抵抗効果は、伝導電子の散乱がスピンのによって大きく異なることに由来している。即ち、磁化と同じ向きをスピンの持つ伝導電子はあまり散乱されないため抵抗が小さくなるが、磁化と反対向きのスピンの持つ伝導電子は散乱によって抵抗が大きくなる。そのため、第1の磁性層1と第2の磁性層2の磁化が反対向きである場合、同じ向きである場合の抵抗値よりも大きくなる。

【0046】スピンド乱膜構成の場合の第1の磁性層1、第2の磁性層2、非磁性層3について説明する。まず、第1の磁性層1は第2の磁性層2と環状ループを形成するとともに、第2の磁性層2に保存された磁化情報を巨大磁気抵抗効果を利用して読み出すためのものである。第1の磁性層1はNi、Fe、Coを主成分として用いるが、Co、Feを主成分とするアモルファス合金として用いることが望ましい。例えば、NiFe、NiFeCo、FeCo、CoFeBなどの磁性膜が挙げられる。また、Co₈₄Fe₁₆B₇、Co₇₂Fe₂₈B₂₀等の組成を持つCoFeB等のアモルファス磁性体を用いてもよい。

【0047】第2の磁性層2は主に磁化情報を保存するための磁性層であり、“0”、“1”の情報に応じて磁化の向きが決定される。第2の磁性層2は第1の磁性層1と同じく巨大磁気抵抗効果が効率的に発生すること、安定に磁化状態を保存できることが必要である。第2の磁性層2としては、Fe、Coを主成分とする磁性層を用い、例えば、Fe、FeCo、Co等の磁性膜が用いられる。また、Pt等の添加元素を加えてもよい。CoにFeを添加すると保磁力は小さくなり、Ptを添加すると保磁力は大きくなるので、第2の磁性層2を例えばCo_{100-x-y}Fe_xPt_yとして元素組成x及びyを調節して保磁力を制御することもできる。同様に第1の磁性層1の保磁力もFe、Coの組成比及びPt等の添加元素の量で調節することができる。

【0048】第1の磁性層1の膜厚は散乱型の巨大磁気抵抗効果が効率よく発生するように設定することが必要である。CPP-MRでは、スピンの向きを保持して動ける距離、即ち、スピンド乱が重要因子となる。具体的には、第1の磁性層1の膜厚がスピンの平均自由行程より大幅に大きくなると、フォノ散乱を受けてその効果が薄れるため、少なくとも200Å以下であることが望ましい。更に好ましくは150Å以下が良い。しかし、薄すぎるとセルの抵抗値が小さくなり、再生信号出力が減少し、また磁化を保持できなくなるので、20Å以上が望ましく、更には80Å以上が望ましい。

【0049】第2の磁性層2の膜厚も第1の磁性層1の場合と同様に散乱型の巨大磁気抵抗効果が効率よく発生するように設定することが必要であり、少なくとも200Å以下であることが望ましい。更に好ましくは150Å以下が良い。しかし、あまり薄すぎるとメモリ保持性能が劣化し、再生信号出力が減少してセルの抵抗値が小さくなり、磁化を保持できなくなるので、20Å以上が望ましく、更には80Å以上が望ましい。

【0050】非磁性層3は良導体からなり、好ましくはCuを主成分として用いるのが、磁性層とフェルミエネルギー準位が近く、密着性もよいため、磁化方向が変わるときに界面で抵抗が生じ易く大きな磁気抵抗比を得るのに好都合である。また、非磁性層3の膜厚は5Å以上

60 Å以下であることが望ましい。また、第1の磁性層1と非磁性層3の間、もしくは第2の磁性層2と非磁性層3の間、もしくは第1の磁性層1と非磁性層3の間及び第2の磁性層2と非磁性層3の間にCoを主成分とする磁性層と設けると、磁気抵抗比が高くなるため、より高いS/N比が得られるため望ましい。この場合のCoを主成分とする層の厚みは20 Å以下が好ましく、また効果を発揮させるためには5 Å以上が好ましい。また、S/Nを向上させるために、第1の磁性層1/非磁性層3/第2の磁性層2/非磁性層3を1つのユニットとして、このユニットを積層しても良い。積層する組数は多い程MR比が大きくなり好ましいが、余り多くなるとMR磁性層が厚くなり電流を多く必要とするため、積層の回数は40組以下、更に好ましくは3〜20組程度に設けるのがよい。

【0051】第1、第2の磁性層1、2の保磁力の制御は、例えば、CoにFeを添加すると保磁力は小さくなり、Ptを添加すると保磁力は大きくなるので、例えばCo_{100-x}Fe_x P_{1-y}として元素組成x及びyを調節して保磁力を制御すればよい。また、成膜時の基板温度を高くすることによっても保磁力を高めることができるので、別の保磁力の制御方法として成膜時の基板温度を調節してもよい。この方法と前述した強磁性薄膜の組成を調節する方法とを組合せてもよい。

【0052】なお、本発明は、図1、図6、図7の構成に限ることなく、第2の磁性層2の非磁性層3と反対側の面に接して反強磁性層を設け、この反強磁性層と第2の磁性層2が交換結合して第2の磁性層2の磁化を固定してもよい。反強磁性層との交換結合によって、第2の磁性層2の保磁力を大きくすることが可能となる。この場合、第1の磁性層1と第2の磁性層2に同じ材料を用いることも可能であるので、保磁力を大きくするためにMR比を犠牲にするといったことがなく、材料の選択の幅が広がる。反強磁性層としては酸化ニッケルNiO、鉄マンガニFeMn、酸化コバルトCoOなどを用いる

ことができる。

【0053】次に、前述の通り、メモリ素子への情報の記録は、記録電流によりメモリ層の磁化反転磁界（保磁力）より大きい磁界を発生させて行う。よって、記録に必要な磁界は、メモリ層の保磁力に依存する。以下、本願発明者は、記録に必要な磁界の大きさを調べるために、保磁力の異なるメモリ層を持つメモリ素子を作製して評価実験を試みた。

【0054】図7に示すメモリ素子の構成で、直径0.12 μmの導電体5と、内径0.14 μm、外径0.30 μmのNiFe核出層/AIOx/Coメモリ層からなるメモリセルを、メモリ層の保磁力を2、4、5、10、12 (Oe) として各々100個づつ作製した。これらのメモリセルに“0”もしくは“1”の記録を行った。書き込み線に流す電流から発生する磁界の大きさは、メモリ層の保磁力にほぼ等しいか、やや上回る大きさとした。導電体5の長さ、即ち電流路の長さは2 μmとした。この後、各セルの情報を再生して、記録情報が確実に保持されている正常セルと、記録情報が消失している不良セルの各個数を調べた。

【0055】結果を表1に示す。誤り率は全体のセル数に対する不良セルの割合として定義した。書き込み線電流から発生する磁界の大きさを、5 (Oe) にすると誤り率は1%になり、10 (Oe) 以上では0%になった。また、2 (Oe)、4 (Oe) では、誤り率は各々50、90%になり、情報の保持は困難であった。誤り率は、数%程度のレベルであれば、メモリとして誤り訂正機能の付加で冗長性を持たせることにより、誤り率を0%として正確に記録再生することが可能である。以上の結果より、書き込み電流磁界は少なくとも5 (Oe) 以上が必要で、望ましくは10 (Oe) 以上が良いことがわかる。

【0056】

【表1】

| 書き込み電流磁界 (Oe) | メモリ層保磁力 (Oe) | 正常セル個数 | 不良セル個数 | 誤り率 (%) |
|------------------|-----------------|--------|--------|------------|
| 2 | 2 | 10 | 90 | 90 |
| 4 | 4 | 50 | 50 | 50 |
| 5 | 5 | 99 | 1 | 1 |
| 10 | 10 | 100 | 0 | 0 |
| 12 | 12 | 100 | 0 | 0 |

次に、本願発明者は電流路の長さの上限を調べるために先の説明と同様の構成のメモリセルを、電流路の長さを変えて作製し、記録再生実験を行った。電流路の長さは、0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、4.0 μmとして各々100個づつ作製した。これらのメモリセルに“0”もしくは“1”の記録を行い、書き込み線に流す電流から発生する磁界の大きさは10 (Oe)、メモリ層の保磁力は8 (Oe) とした。結果を表2に示す。書き込みの長さを2 μmにすると誤り率は2%になり、

1.0 μmでは1%、0.5 μmでは0%になった。誤り率が悪くなったのは、膜厚方向に長い電流路を設けたために、隣接するセルに誤記録したためと推定される。以上の結果より、書き込み線の長さは、少なくとも2 μm以上が必要で、望ましくは1.0 μm以下、更に望ましくは0.5 μm以下が良いことがわかる。

【0057】

【表2】

| 長さ(μm) | 正常セル個数 | 不良セル個数 | 漏り率(%) |
|---------------------|--------|--------|--------|
| 0.5 | 100 | 0 | 0 |
| 1.0 | 99 | 1 | 1 |
| 2.0 | 98 | 2 | 2 |
| 3.0 | 50 | 50 | 50 |
| 4.0 | 0 | 100 | 100 |

【0058】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、閉磁路構造の第1、第2の磁性層を用い、発生する磁界によって情報を記録する電流路の長さを、 $0.5\mu\text{m}$ 以上、 $2\mu\text{m}$ 以下とすることにより、1ビットのセル幅を小さくできて集積度を高められるばかりでなく、記録のための十分な磁界を発生できるため、安定して情報を記録でき、安定して情報を保存することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁性薄膜メモリの第1の実施形態の構成を示す図である。

【図2】図1の磁性薄膜メモリを用いてメモリを構成する場合の一例を示す図である。

【図3】円柱状の電流路を模式的に示す図である。

【図4】図3の電流路における半径と磁界の関係を電流路の長さをパラメータとして示す図である。

【図5】図3の電流路における電流路の長さと最大発生磁界の関係を示す図である。

【図6】本発明の第2の実施形態を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施形態を示す図である。

【図8】従来例の巨大磁気抵抗効果を用いた磁性薄膜メモリ素子を示す図である。

【図9】図8の磁性薄膜メモリ素子の記録動作を説明するための図である。

【図10】図8の磁性薄膜メモリ素子の再生動作を説明するための図である。

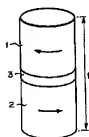
【図11】本発明の磁性薄膜メモリ素子の第4の実施形態を示す断面図である。

【図12】本発明の磁性薄膜メモリ素子の第5の実施形態を示す断面図である。

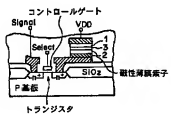
【符号の説明】

- 1 第1の磁性層
- 2 第2の磁性層
- 3 非磁性層
- 4 良導体
- 5 導電体
- 6 絶縁体

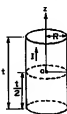
【図1】



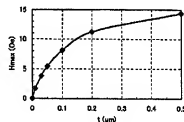
【図2】



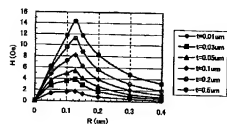
【図3】



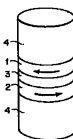
【図5】



【図4】



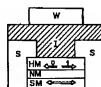
【図6】



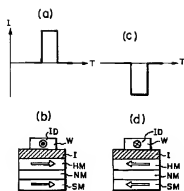
【図7】



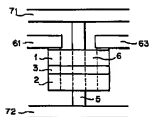
【図8】



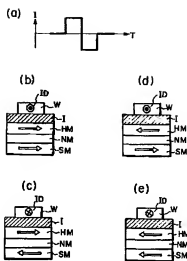
【図 9】



【図 12】



【図 10】



【図 11】

